Diseño y construcción de un monitor cardiaco sencillo y económico.

Carlos Javier Castro Pachay[1], Pedro Rafael Sánchez Garcia[2], Miguel Yapur Auad[3]

[1]Egresado en Ingeniería en Electricidad, especialización Electrónica Industrial y Automatización 2004.
[2]Egresado en Ingeniería en Electricidad, especialización Electrónica 2004.
[3]Director del Tópico de Graduación en Electrónica Médica. Ingeniero en Electricidad, especialización Electrónica, ESPOL, 1983. M.Sc. en Ingeniería Biomédica. University of Texas, 1986. Profesor de la ESPOL desde 1987.

Resumen

Se trata de diseñar y construir un dispositivo portátil, sencillo y económico para el monitoreo de señales cardiacas. El sistema está compuesto por una etapa analógica que se encarga de acondicionar la señal presente en el paciente y una etapa digital, la cual está compuesta por un microcontrolador y una pantalla LCD inteligente de cristal líquido en la cual se mostrará la onda cardiaca.

El sistema analógico se encarga de eliminar el ruido presente en el paciente, elevar el nivel de la señal de entrada a un nivel tal que permita el normal funcionamiento de la pantalla LCD gráfica, y por último detectar el pico más alto de la señal para su posterior conversión en pulsos de 5 voltios que serán aprovechados por el microcontrolador para los cálculos de la frecuencia cardiaca.

El sistema digital está desarrollado sobre una plataforma microcontroladora, la cual se encarga de adquirir la señal analógica, convertirla en digital, para luego presentarla a través de la pantalla LCD.

Summary

It is to design and to build a portable, simple and economic device for the monitoring of heart signs. The system is compound for an analogical stage that takes charge of conditioning the present sign in the patient and a digital stage, which is composed by a microchip and a screen intelligent LCD of liquid glass in which the heart wave will be shown.

The analogical system takes charge of eliminating the present noise in the patient, to elevate the level from the entrance sign to a such level that allows the normal operation of the screen LCD graph, and lastly to detect the highest pick in the sign for its later conversion in pulses of 5 volts that will be taken advantage of by the microchip for the calculations of the heart frequency.

The digital system is developed on a platform of two microchip, which takes charge of acquiring the analogical sign, to convert it in digital, it stops then to present it through the screen LCD.

Introducción.

El electrocardiógrafo nos permite visualizar la actividad eléctrica del corazón, la cual nos da información vital al momento de conocer el estado del músculo cardiaco. Para obtener dicha señal eléctrica es necesario emplear una interfaz física, la cual está compuesta por electrodos metálicos de Ag/AgCl (Plata / Cloruro de Plata)**.**

La señal obtenida debe ser amplificada y filtrada, ya que una característica de los potenciales bioeléctricos es su baja amplitud, que en este caso está entre 100uV y 1mV. Para amplificar dichos potenciales se deben emplear construcciones electrónicas especiales. Además es necesario que el equipo presente una elevada impedancia de entrada para disminuir las corrientes de fuga, las cuales pueden ocasionar que algún evento externo afecte el normal funcionamiento del corazón.

Contenido.

Adquisición de la onda cardiaca (EKG).

El electrocardiógrafo nos permite visualizar la actividad eléctrica del corazón, la cual nos da información vital al momento de conocer el estado del músculo cardiaco. Para obtener dicha señal eléctrica es necesario emplear una interfaz física, la cual está compuesta por electrodos metálicos de **Ag/AgCl** (Plata / Cloruro de Plata)**.**

Amplificador de Instrumentación

La señal obtenida debe ser amplificada y filtrada, ya que una característica de los potenciales bioeléctricos es su baja amplitud, en este caso de 100uV a 1mV. Para elevar dichos potenciales se deben emplear construcciones electrónicas especiales. Además es necesario que el equipo presente una elevada impedancia de entrada para disminuir las corrientes de fuga, las cuales pueden ocasionar que algún evento externo afecte el normal funcionamiento del corazón. Por otro lado, además de la señal eléctrica que excita las células cardiacas, existen interferencias de todo tipo: la actividad muscular genera potenciales que no aportan nada al estudio y la red eléctrica induce sobre el cuerpo corrientes que distorsionan la verdadera actividad cardiaca. Por esos motivos la etapa de entrada está constituida por un amplificador de instrumentación, el cual debe ofrecer una elevada Relación al Modo Común (CMRR). Además, la configuración otorga una elevada impedancia de entrada y ganancia variable; estas características permiten obtener una señal con mayor amplitud y bajo nivel de ruido.

El circuito de la fig. 3.1 nos muestra la forma como está estructurado el amplificador de instrumentación.

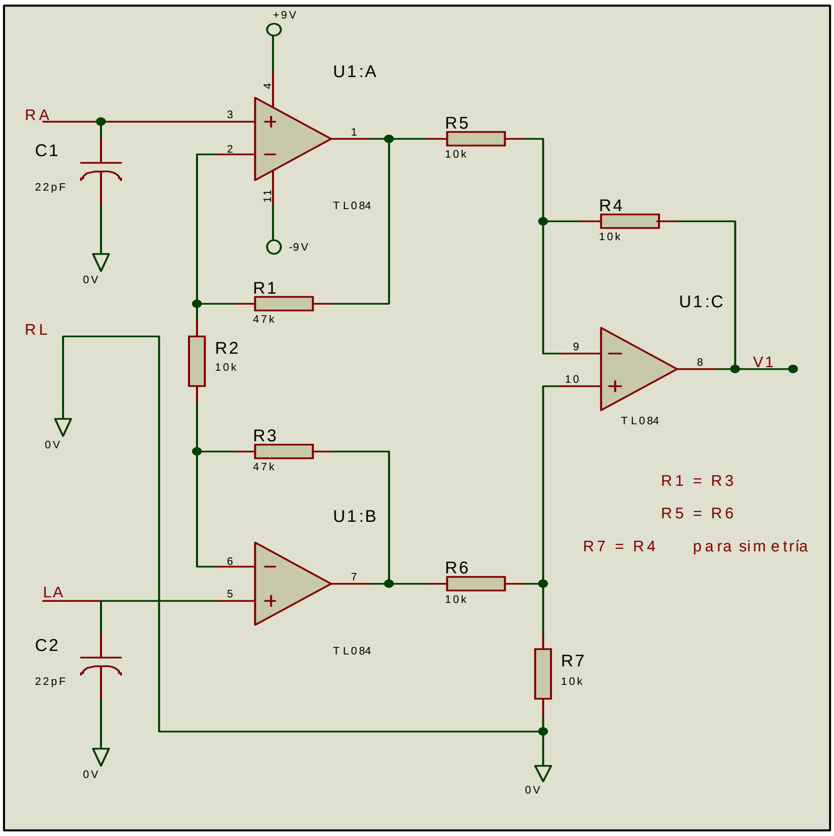


Fig. 3.1: Amplificador de Instrumentación.

Descripción y construcción del filtro pasa banda.

El propósito de usar este filtro es eliminar toda señal que no corresponda a la actividad cardiaca, la cual corresponde a las frecuencias en el rango entre 0.05 Hz y 100 Hz, por lo que, todas las señales por debajo de 0.05 Hz pueden ser causadas por los electrodos y la superficie de la piel que alcanza niveles de potenciales que pueden incluso llegar a saturar los circuitos del amplificador; y por arriba de los 100 Hz está comprobado que no son señales cardiacas; éstas pueden ser señales producidas por la actividad muscular.

El circuito de la figura 3.2 nos muestra la construcción de un filtro pasa-banda.

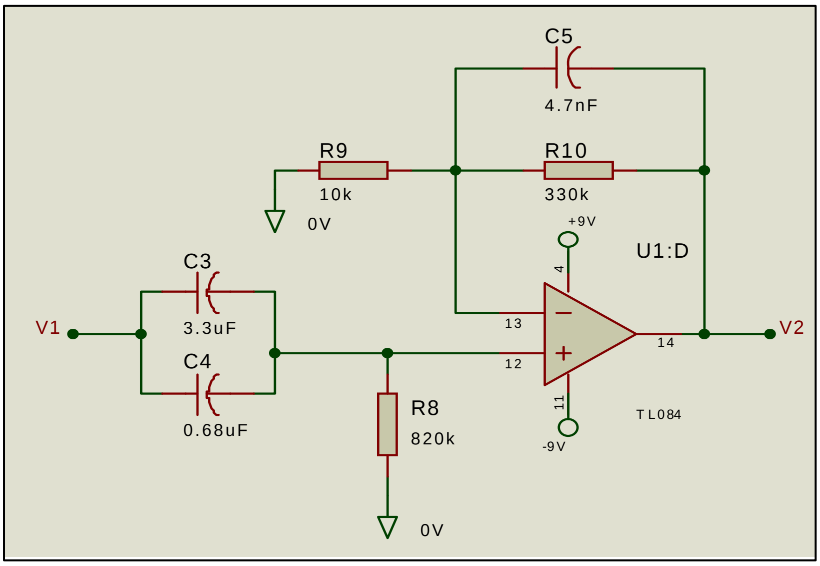


Figura 3.2: Filtro pasa-banda.

Filtro Notch.

En cuanto a la seguridad del paciente, es muy importante mantenerlo aislado de la línea de corriente eléctrica, para ello se emplea una configuración con alimentación aislada, seguida de una etapa de rechazo de toda señal de ruido de los 60 Hz, proveniente de las líneas de alimentación como se muestra en la fig 3.3.

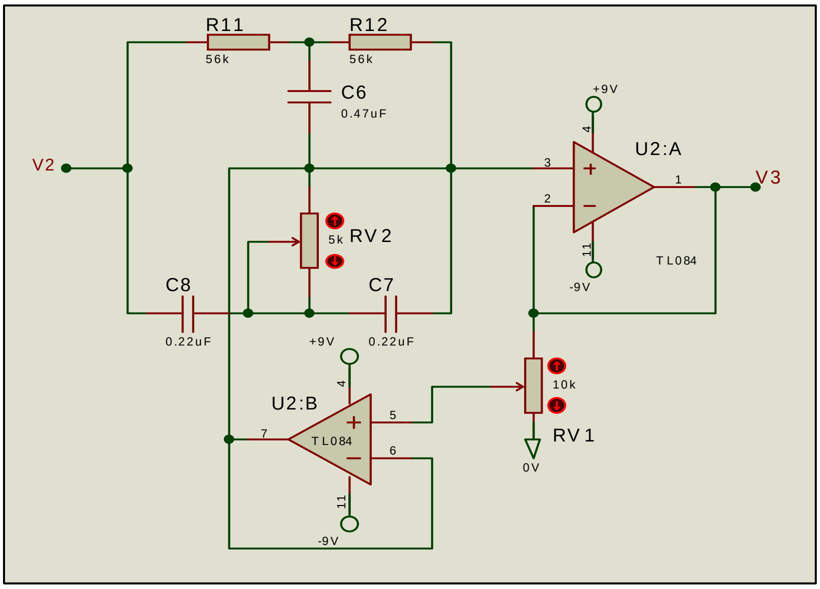


Figura 3.3: NOTCH de 60 Hz.

Construcción de la etapa de aislamiento eléctrico mediante un opto-aislador.

Por otra parte, para disminuir el riesgo de shock eléctrico se utiliza un opto-aislador, para luego amplificar la señal cardiaca a un nivel de voltaje adecuado.

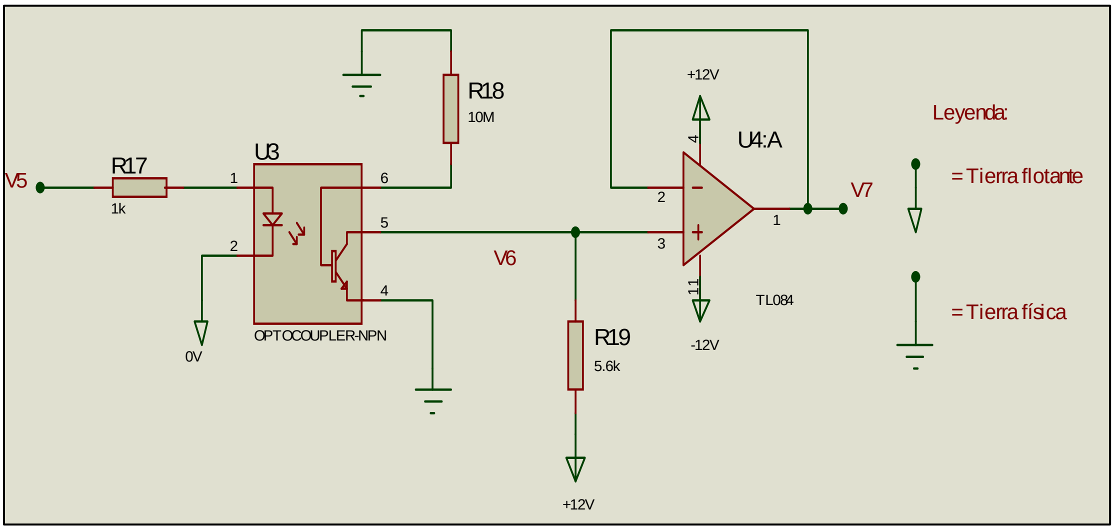


Figura 3.6: Circuito de la etapa de aislamiento mediante un opto-acoplador.

Construcción del detector de pico QRS para medir la frecuencia cardiaca.

En cuanto a la frecuencia cardiaca, la señal esta es determinada por medio de un circuito electrónico llamado “Detector de Complejo QRS” que se encarga de convertir el complejo QRS en una señal rectangular para su posterior conteo.

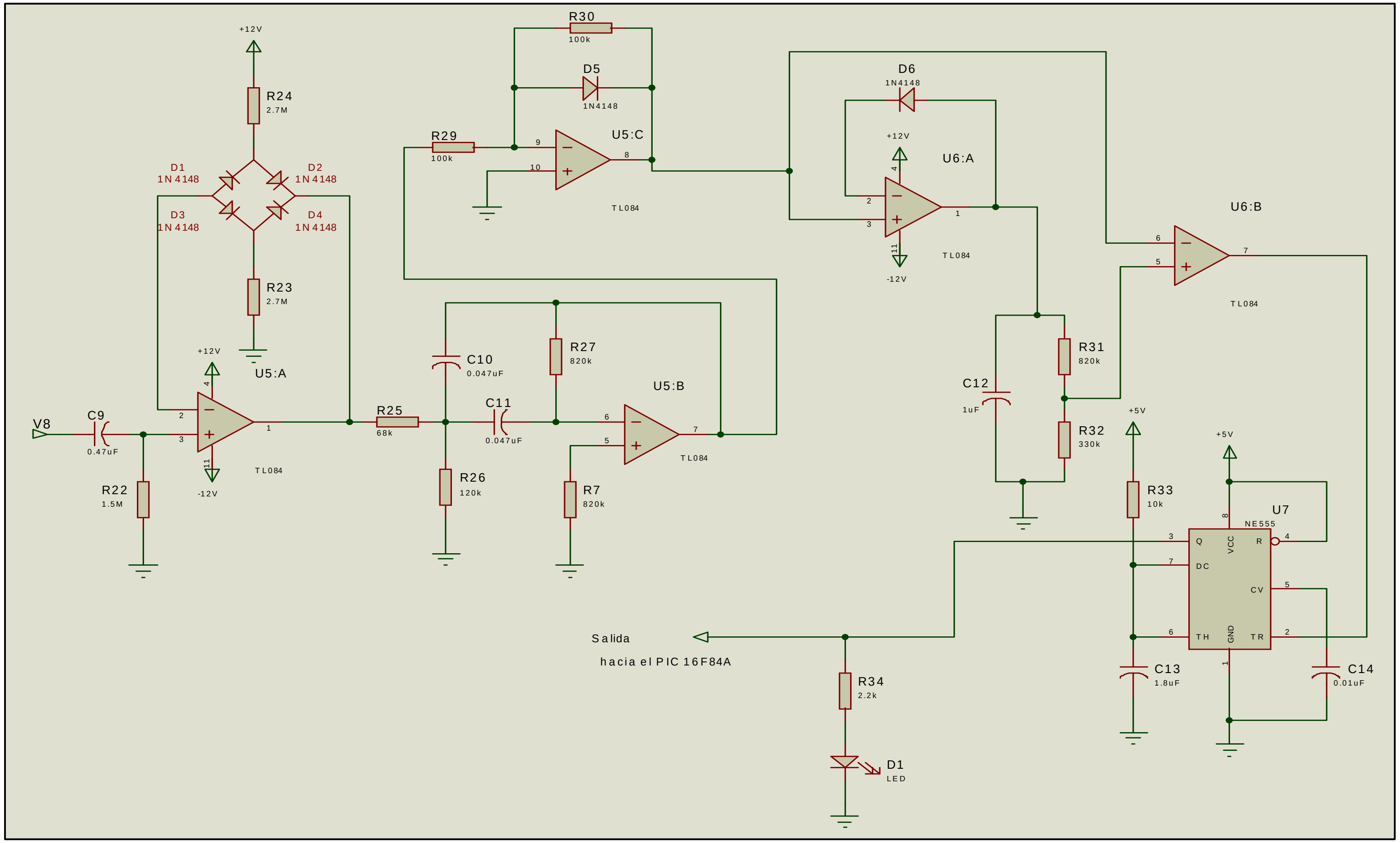


Diagrama esquemático del bloque analógico

Descripción de la etapa Digital.

La visualización de la señal cardiaca se puede realizar de diversas maneras: sobre papel (electrocardiograma) o sobre dispositivos de representación no permanente, como son las pantallas de cristal líquido inteligente LCD, el monitor de una PC o sobre un tubo de rayos catódicos.

El proyecto realizado, utiliza una pantalla de cristal líquido inteligente LCD, la misma que se comunicará con la etapa analógica a través de un microcontrolador. Este microcontrolador tendrá incorporado en su interior un convertidor analógico /digital para su posterior procesamiento de datos.

CONCLUSIONES:

En el desarrollo de este proyecto hemos podido aprender a utilizar y a programar microcontroladores PIC 16F84A y 16F877A ambos de la familia de rango medio, cuyo fabricante es microchip y además manejar pantallas de cristal líquido LCD inteligentes (pantallas LCD gráficas) tanto para texto como para gráficos.

Aprendimos a utilizar los conceptos de acondicionamiento de señal, los cuales son importantes cuando vamos a realizar una conversión de una señal analógica a digital.

En el desarrollo de la etapa analógica aprendimos la importancia del amplificador de instrumentación, del filtrado de la señal cardiaca y del aislamiento eléctrico del paciente para evitar corrientes de fugas que pueden afectarlo a éste.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Electrónica y Teoría de Circuitos por Boylestad R. y Nashelsky
2. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales por Robert F. Coughlin y Frederick F. Driscoll.
3. Analog Integrated Circuit Applications por J. Michael Jacob
4. Manual de Programación de microchip.
5. Manual de instrucciones para la programación de LCD controlador KS0107 Proporcionado por el fabricante.

Diagrama esquemático del circuito digital

